

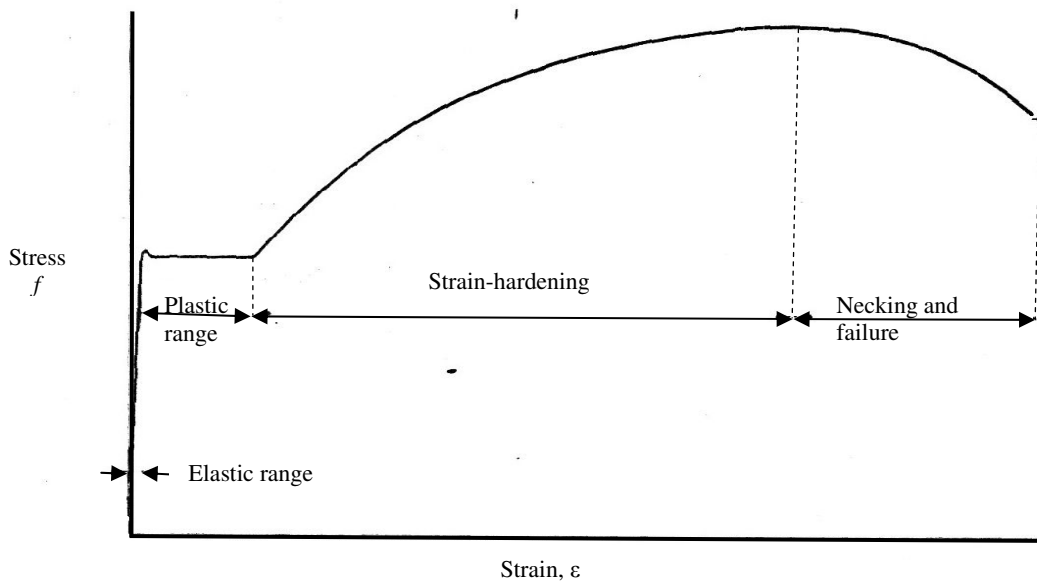
## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. Baja

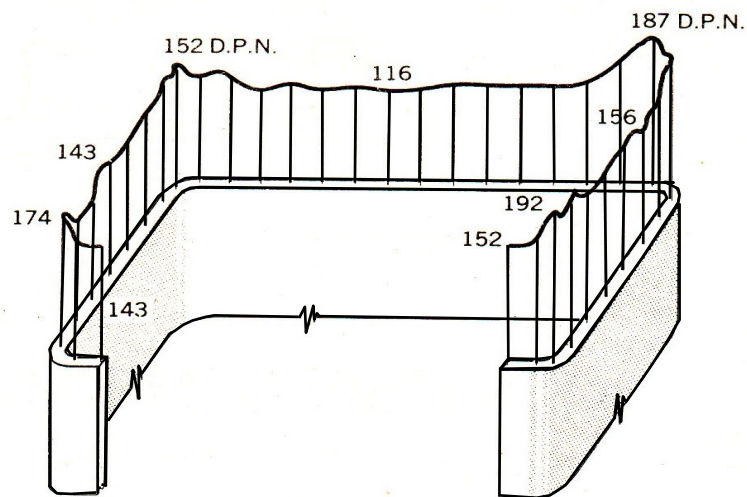
Baja adalah salah satu dari bahan konstruksi yang paling penting. Sifat-sifatnya yang terutama penting dalam penggunaan konstruksi adalah kekuatannya yang tinggi, dibandingkan terhadap setiap bahan lain yang tersedia, dan sifat keliatannya. Keliatan (*ductility*) adalah kemampuan untuk berdeformasi secara nyata baik dalam tegangan maupun dalam kompresi sebelum terjadi kegagalan (Bowles, 1985).

Ada dua buah karakteristik yang dapat menggambarkan perilaku sebuah material untuk struktur yaitu kekuatan dan daktilitas. Gambar 2.1 menunjukkan sebuah grafik perilaku karakteristik pada baja. Pada gambar tersebut ditunjukkan beberapa perilaku daerah perilaku dari baja yang berbeda yaitu : daerah elastis (*the elastic range*), daerah plastis (*the plastic range*), daerah pengerasan regangan (*the strain-hardening range*) dan daerah luluh (*the necking and failure range*) (Tall, 1974).



Gambar 2.1 Grafik Tegangan-Regangan Untuk Baja  
(Tall, 1974)

Profil C merupakan salah satu profil yang dibuat secara dingin (*cold formed shapes*). Hal yang penting pada profil ini ialah profil ini memiliki rasio lebar dan tebal yang besar. Ini merupakan hasil yang timbul dari penggunaan logam tipis (0,012 inchi) dimana dimensinya sama dengan profil yang dibuat dengan cara bentukan panas (*hot rolled shapes*). Proses dari pembentukan secara dingin mengubah bahan dasar, biasanya meningkatkan tegangan lelehnya. Gambar 2.2 menunjukkan efek dari proses bentukan dingin pada profil C. Nilai yang ditunjukkan pada gambar tersebut merupakan nilai kekerasan bahan yang dinyatakan dalam *Diamond Penetration Numbers (DPN)* (Tall, 1974).



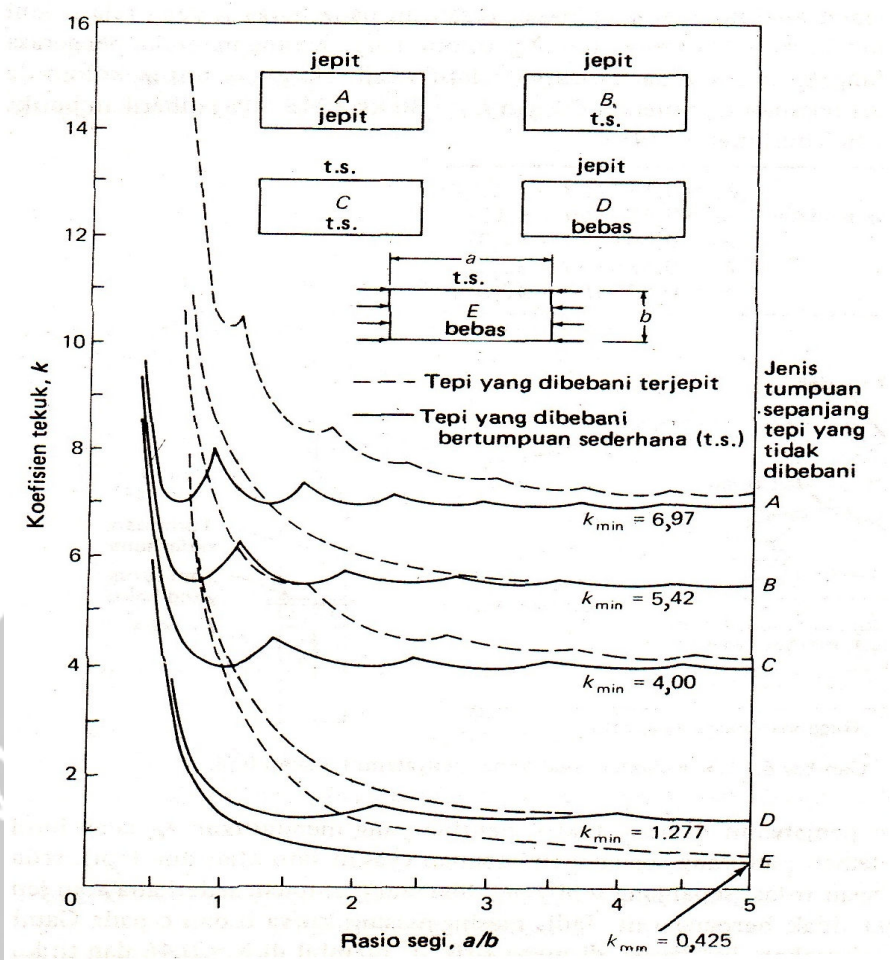
Gambar 2.2 Efek dari Pembuatan Material Cara Dingin  
(Tall, 1974)

Oleh karena profil giling ataupun profil tersusun terdiri dari elemen-elemen plat, kekuatan penampang kolom yang didasarkan pada angka kelangsingan keseluruhan hanya dapat tercapai jika elemen plat tersebut tidak tertekuk setempat. Tekuk setempat elemen plat dapat mengakibatkan kehancuran penampang keseluruhan yang terlalu dini atau paling sedikit menyebabkan tegangan menjadi tidak merata dan mengurangi kekuatan keseluruhan. (Salmon dan Johnson, 1986)

Tegangan tekuk elastis teoritis untuk plat dinyatakan sebagai :

$$F_{cr} = k \frac{\pi^2 E}{12(1-\nu^2)(b/t)^2} \quad (2-1)$$

dengan  $k$  adalah konstanta yang tergantung pada jenis tegangan, kondisi tumpuan tepi dan rasio panjang dengan lebar (rasio segi) plat, modulus elastisitas  $E$ , angka Poisson  $\mu$  dan rasio lebar dengan ketebalan  $b/t$ . Gambar 2.3 memperlihatkan variasi  $k$  terhadap saio segi  $a/b$  untuk kondisi tepi ideal yang umum, yaitu jepit, tumpuan sederhana dan bebas. (Salmon dan Johnson, 1986)



Gambar 2.3 Koefisien Tekuk Elastis untuk Tekanan pada Plat Segi Empat Datar (Salmon dan Johnson, 1986)

Untuk harga  $b/t$  yang rendah, pengerasan regangan tercapai tanpa terjadinya tekuk. Untuk harga  $b/t$  yang sedang, tegangan residu dan ketidaksempurnaan menyebabkan tekuk inelastis yang dinyatakan oleh kurva transisi dan untuk  $b/t$  yang besar maka nilai tegangan kritisnya akan semakinkecil sehingga akan jauh di bawah tegangan lelehnya. (Salmon dan Johnson, 1986)

Syarat dasar AISC-1.9 menetapkan bahwa tegangan tekuk kritis tidak boleh lebih kecil dari tegangan leleh pada elemen plat. Dengan kata lain, tekuk dicegah

sebelum tegangan rata-rata sebesar  $F_y$  tercapai dengan menerapkan batasan dasar. (Salmon dan Johnson, 1986)

Sinaga (2005) menguji perilaku lentur profil C dengan memberi perkuatan tulangan arah vertikal. Hasil yang didapatkan ialah dengan menambah perkuatan vertikal dengan berbagai variasi jarak dapat menambah tegangan lenturnya dari 69,29 % hingga 153,34%.. Variasi jarak  $1,0 h$  dianggap sudah cukup efektif untuk menambah kekuatan lentur dari profil C.

Wigroho dan Wibowo (2007) menguji profil C sebagai balok dengan memberi perkuatan tulangan vertikal pada sayap terbukanya dan memberi cor beton pengisi pada rongganya. Hasil dari penelitian tersebut ialah dengan penambahan tulangan vertikal saja pada profil tanpa memberi isi cor beton tidak menunjukkan penambahan kekuatan balok profil C secara signifikan. Beda dengan balok profil C yang diberi cor beton pengisi mampu meningkatkan kekuatan balok profil C hingga 3,73 kali dibanding dengan balok profil C yang tidak diberi pengisi cor beton. Pola retak beton profil tanpa perkuatan dimulai dari daerah dekat tumpuan sedangkan pada profil dengan perkuatan dimulai dari daerah dekat beban pusat. Hal ini menunjukkan bahwa perkuatan tulangan dapat mengurangi kegagalan geser.

Haribhawana (2008) menguji profil C sebagai kolom dengan penguat *transversal* dengan berbagai variasi jarak tanpa isi cor beton. Hasilnya yang diperoleh adalah dengan menambah penguat *transversal* dengan jarak 50 mm mampu meningkatkan kemampuan kolom profil C dalam menahan beban maksimum sebesar 6,76 % dibandingkan dengan kolom profil C yang tidak diberi penguat.

## 2.2. Kolom

Kolom adalah komponen struktur bangunan yang tugas utamanya menyangga beban aksial tekan vertikal dengan bagian tinggi yang tidak ditopang paling tidak tiga kali dimensi lateral terkecil. Dalam merencanakan struktur kolom harus memperhitungkan secara cermat dengan memberikan cadangan kekuatan lebih tinggi daripada komponen struktur lainnya. Kolom tidak hanya bertugas menahan beban aksial vertikal, juga bertugas menahan kombinasi beban aksial dan momen lentur. Dengan kata lain, kolom juga harus diperhitungkan untuk menyangga beban aksial tekan dengan eksentrisitas tertentu. (Dipohusodo, 1994)

Kolom pada hakekatnya jarang sekali mengalami tekanan aksial saja. Namun, bila pembebanan ditata sedemikian rupa hingga pengekangan (*restraint*) rotasi ujung dapat diabaikan atau beban dari batang-batang yang bertemu di ujung kolom bersifat simetris dan pengaruh lentur sangat kecil dibandingkan tekanan langsung, maka batang tekan dapat direncanakan dengan aman sebagai kolom yang dibebani secara konsentris. Pada kolom yang berujung sendi yang tidak memiliki pengekang rotasi merupakan batang dengan kekuatan tekuk terkecil. Ujung yang tidak mengekang momen merupakan keadaan terlemah untuk batang tekan bila translasi salah satu ujung terhadap ujung lainnya dicegah. (Salmon dan Johnson, 1986)

Rasio kelangsingan bergantung hanya pada dimensi kolom. Sebuah kolom yang panjang dan langsing akan mempunyai rasio kelangsingan tinggi sehingga mempunyai tegangan kritis rendah. Sebuah kolom yang pendek dan gemuk akan mempunyai rasio kelangsingan rendah sehingga akan menekuk pada tegangan tinggi. Kolom panjang dengan rasio kelangsingan besar akan mengalami tekuk pada harga



ditingkatkan dengan menggunakan bahan yang lebih kaku (bahan dengan modulus elastisitas  $E$  lebih besar) atau dengan mengatur bahan sedemikian hingga meningkatkan momen inersia penampang  $I$ . Momen inersia diperbesar dengan mendistribusi bahannya lebih jauh dari pusat berat penampang. Komponen struktur berlubang lebih ekonomis untuk digunakan sebagai kolom dibandingkan dengan komponen struktur solid yang mempunyai luas penampang sama. (Gere dan Timoshenko, 1984)

Menurut Bowles (1985), tegangan residu mempunyai peranan dalam perancangan kolom baja. Nilai tegangan residu yang diambil sebesar 0,3 tegangan lelehnya. Tegangan kritis yang diambil sebesar setengah dari tegangan lelehnya.

Menurut SNI 03-2847-2002, nilai kekakuan untuk bahan komposit tidak sama dengan bahan dari baja. Komposit merupakan perpaduan dari dua buah bahan atau lebih sehingga nilai kekakuannya merupakan perpaduan dari dua buah bahan atau lebih.

### **2.3. Beton**

Beton didapat dari bahan-bahan agregat halus dan kasar yaitu pasir, batu, batu pecah, atau bahan semacam lainnya, dengan menambahkan secukupnya bahan perekat semen, dan air sebagai bahan pembantu guna keperluan reaksi kimia selama proses pengerasan dan perawatan beton berlangsung. Nilai kekuatan serta daya tahan (*durability*) beton merupakan fungsi dari banyak faktor, di antaranya ialah nilai banding campuran dan mutu bahan susun, metode pelaksanaan pengecoran,



pelaksanaan finishing, temperatur dan kondisi perawatan pengerasannya. (Dipohusodo, 1994)

Nilai kuat tekan beton relatif tinggi dibandingkan dengan kuat tariknya dan beton merupakan bahan bersifat getas. Nilai kuat tariknya hanya berkisar 9%-15% saja dari kuat tekannya. Pada penggunaan sebagai komponen struktural bangunan, umumnya beton mampu diperkuat dengan batang tulangan baja sebagai bahan yang dapat bekerjasama dan mampu membantu kelemahannya, terutama pada bagian yang menahan tarik. (Dipohusodo, 1994)

#### **2.4. Material Pembentuk Beton**

Beton mempunyai beberapa material pembentuk seperti semen, agregat dan air. Tiap material pembentuk mempunyai ketentuan-ketentuan tersendiri untuk membentuk beton yang baik.

##### **2.4.1. Semen**

Semen yang digunakan untuk bahan beton adalah Semen *Portland* atau Semen *Portland Pozzolan*, berupa semen hidrolik yang berfungsi sebagai bahan perekat bahan susun beton. Semen *Portland* mengandung kalsium dan aluminium silika. Dibuat dari bahan utama *limestone* yang mengandung kalsium oksida ( $CaO$ ) dan lempung yang mengandung silika dioksida ( $SiO_2$ ) serta aluminium oksida ( $Al_2O_3$ ). Semen *Portland* yang dipakai harus memenuhi syarat SII 0013-81 dan Peraturan Umum Bahan Bangunan Indonesia (PUBI) 1982, sedangkan Semen *Portland Pozzolan* harus memenuhi syarat SII 0132-75. (Dipohusodo, 1994)

Sesuai dengan tujuan pemakaiannya, semen *portland* di Indonesia (PUBI-1982) dibagi menjadi 5 jenis, yaitu (Tjokrodimuljo, 1992):

Jenis I : Semen *Portland* untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus seperti yang diisyaratkan pada jenis-jenis lain.

Jenis II : Semen *Portland* yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi yang sedang.

Jenis III : Semen *Portland* yang dalam penggunaannya menuntut persyaratan kekuatan awal yang tinggi.

Jenis IV : Semen *Portland* yang dalam dalam penggunaannya menuntut persyaratan panas hidrasi yang rendah.

Jenis V : Semen *Portland* yang dalam penggunaannya menuntut persyaratan sangat tahan terhadap sulfat

#### **2.4.2. Agregat**

Agregat ialah butiran mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran mortar atau beton (Tjokrodimuljo, 1992). Umumnya agregat ini menempati  $\pm 70-75\%$  dari seluruh volume massa padat beton. Untuk mencapai kuat beton perlu diperhatikan kepadatan dan kekerasan massanya, karena umumnya semakin padat dan keras massa agregat akan makin tinggi kekuatan dan *durability*-nya, yakni daya tahan terhadap penurunan mutu akibat pengaruh cuaca. Nilai kuat beton sangat dipengaruhi oleh mutu bahan agregat ini (Dipohusodo, 1994).

Syarat-syarat agregat untuk bahan bangunan antara lain (Tjokrodimuljo, 1992):

- a. Butir-butirnya tajam, kuat, dan bersudut. Ukuran kekuatan agregat dapat dilakukan dengan pengujian ketahanan aus dengan mesin uji *Los Angeles*, atau dengan bejana *Rudeloff*. Persyaratan menurut konsep Pedoman Beton 1989 dapat dibaca dalam Tabel 2.1..

Tabel 2.1 Persyaratan Kekerasan Agregat untuk Beton  
(Tjokrodimuljo, 1992)

Kelas dan Mutu Beton	Bejana <i>Rudeloff</i> . Maksimum bagian yang hancur menembus ayakan 2 mm (%)		Mesin Los Angeles. Maksimum bagian yang hancur menembus ayakan 1,7 mm (%)
	UkuranButir 19 – 30 mm	Ukuran Butir 9,5 – 19 mm	
Kelas I, mutu B <sub>0</sub> serta B <sub>1</sub>	30	32	50
Kelas II, mutu K <sub>125</sub> – K <sub>225</sub>	22	24	40
Kelas III, Mutu beton diatas K <sub>225</sub>	14	16	27

- b. Tidak mengandung tanah atau kotoran lain yang lewat ayakan 0,075 mm. Pada agregat halus jumlah kandungan kotoran ini harus tidak boleh lebih dari 5 persen untuk beton sampai mutu k-125, dan 2,5 persen untuk mutu beton yang lebih tinggi. Pada agregat kasar kandungan kotoran ini dibatasi sampai maksimum 1 persen. Jika agregat mengandung kotoran lebih dari batas-batas maksimum, maka harus dicuci dengan air bersih.

- c. Harus tidak mengandung garam-garam yang menghisap air dari udara.
- d. Harus benar-benar tidak mengandung zat organis. Kandungan zat organis dapat mengurangi mutu beton. Bila direndam dalam larutan 3% NaOH, cairan di atas endapan tidak boleh lebih gelap dari warna pembanding.
- e. Harus mempunyai variasi besar butir (gradasi) yang baik, sehingga rongganya sedikit (untuk pasir modulus halus butirnya antara 1,50 – 3,80). Pasir yang seperti ini hanya memerlukan pasta semen yang sedikit.
- f. Bersifat kekal, tidak hancur atau berubah karena cuaca. Sifat kekal tersebut diuji dengan larutan jenuh garam sulfat sebagai berikut :
  - 1). Jika dipakai Natrium Sulfat, bagian yang hancur maksimum 12 persen.
  - 2). Jika dipakai Magnesium Sulfat, bagian yang hancur maksimum 18 persen.

Untuk agregat kasar, tidak boleh mengandung butiran-butiran yang pipih dan panjang lebih dari 20 persen dari berat keseluruhan.

#### **2.4.3. Air**

Air diperlukan dalam campuran beton untuk bereaksi dengan semen, serta menjadi pelumas antara butir-butir agregat agar dapat mudah dikerjakan dan dipadatkan. Untuk bereaksi dengan semen, air yang diperlukan hanya sekitar 30 % berat semen (Tjokrodimuljo, 1992).

Tjokrodimuljo (1992) menambahkan bahwa kelebihan air dalam campuran adukan beton akan menyebabkan turunnya kekuatan beton dan akan terjadi *bleeding* yang kemudian menjadi buih dan merupakan lapisan tipis yang dikenal dengan *laitance* (selaput tipis). Selaput tipis ini akan mengurangi lekatan antara lapisan-lapisan beton dan merupakan bidang sambung yang sangat lemah. Secara umum air

yang dapat dipakai untuk bahan pencampur beton ialah air yang bila dipakai akan menghasilkan beton dengan kekuatan lebih dari 90% kekuatan beton yang memakai air suling.

Syarat pemakaian air untuk campuran beton adalah sebagai berikut (Tjokrodinuljo, 1992) :

- a. Tidak mengandung lumpur (benda melayang lainnya)  $> 2$  gram/liter.
- b. Tidak mengandung garam-garam yang dapat merusak beton (asam, zat organik, dsb)  $> 15$  gram/liter.
- c. Tidak mengandung klorida ( $Cl$ )  $> 0,5$  gram/liter.
- d. Tidak mengandung senyawa sulfat  $> 1$  gram/liter.

